

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Gebrauchsmuster**  
⑩ **DE 297 10 533 U 1**

⑤① Int. Cl. 6:  
**F 16 D 65/12**

②① Aktenzeichen:	297 10 533.7
②② Anmeldetag:	17. 6. 97
④⑦ Eintragungstag:	4. 12. 97
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	22. 1. 98

⑥⑥ Innere Priorität:

196 29 498.3      22.07.96

⑦③ Inhaber:

Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge  
GmbH, 80809 München, DE

⑦④ Vertreter:

Herrmann-Trentepohl und Kollegen, 81476 München

⑤④ Bremsscheibe

DE 297 10 533 U 1

DE 297 10 533 U 1

Knorr-Bremse  
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH  
Moosacher Str. 80  
80809 München

Dipl.-Ing. W. Herrmann-Trentepohl, Herne  
Dipl.-Ing. Wolfgang Grosse, München  
Dipl.-Ing. Josef Bockhorn, München  
Dr. Christian Thiel, Dipl.-Chem., Herne  
Dr. Jur. York-Gero v. Amsberg, RA, München  
Dipl.-Phys. Peter Specht, München  
Dipl.-Ing. Johannes Dietele, Leipzig

E-mail: patecpro@t-online.de

M ü n c h e n  
16. Juni 1997  
B 71902 DE (Sp/La/Jo)

**Belegexemplar**  
Darf nicht geändert werden.

## **Bremsscheibe**

### **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine Bremsscheibe, insbesondere eine Wellen- oder Radbremsscheibe für Schienenfahrzeuge, mit einer Reibscheibe, die an einer Nabe einer Radwelle oder an einem Rad befestigbar ist.

Wellenbremsscheiben sind vielfach aus dem Stand der Technik bekannt; sie werden beispielsweise in Hochgeschwindigkeitszügen wie dem "ICE" eingesetzt. Die Reibscheibe wird z.B. radial geteilt ausgeführt, wobei die beiden radialen Hälften in der Ausführung als innenbelüftete Scheibe mit Reibflächen und Verbindungsstegen jeweils einstückig gegossen werden. Die bekannten Bremsscheiben aus Materialien, die auf Eisenbasisstoffen basieren, haben sich zwar an sich bewährt, es ist jedoch wünschenswert, zur Verminderung der ungefederten Masse eines Fahrzeuges leichtere Scheiben zu konstruieren, die zudem möglichst auch noch verschleißbeständiger sind. In den letzten Jahren wird daher vermehrt der Einsatz von "Aluminiumscheiben" diskutiert, erste Serieneinsätze dieser Technologie stehen in Aussicht. Eine analoge Problematik besteht bei Radbremsscheiben, die direkt an den Rädern eines Eisenbahnwagens befestigt werden.

Neben den Aluminiumscheiben wird auch der Einsatz von keramischen Materialien angedacht, eine Serienreife wurde wegen der noch zu hohen Kosten und der

Forstenrieder Allee 59  
D-81476 München  
Tel. +49 089 - 745541-0  
Fax +49 089 - 7593869

Schaeferstrasse 18  
D-44623 Herne  
Tel. +49 02323 - 95440  
Fax +49 02323 - 12232

Hainstrasse 20/24  
D-04109 Leipzig  
Tel. +49 0341 - 2113818  
Fax +49 0341 - 2113818

Paseo Explanada De España No.3  
E5-03002 Alicante  
Tel. +49 089 - 745541-0  
Fax +49 089 - 7593869

Deutsche Bank, Herne (BLZ 430 700 61) Kontonummer: 6 145 510  
Bayer. Vereinsbank München (BLZ 700 202 70) Kontonummer: 46 505 999

Postcheck München (BLZ 700 100 80) Kontonummer: 227 682 - 805

Probleme bei der Herstellung einer derartigen, nicht "gießbaren" Scheibe aber nicht vollständig erzielt.

Die Erfindung zielt daher darauf ab, eine Bremsscheibe, insbesondere eine Rad- oder Wellenbremsscheibe für Schienenfahrzeuge zu schaffen, mit welcher gegenüber herkömmlichen Metallbremsscheiben aus Eisenbasisstoffen eine Gewichtersparnis erzielbar ist, so daß sich eine Alternative zu Bremsscheiben aus Aluminium ergibt.

Die Erfindung erreicht dieses Ziel durch den Gegenstand des Anspruches 1. Es wird eine Bremsscheibe mit einer Reibscheibe geschaffen, die an einer Nabe einer Radwelle oder an einem Rad befestigbar ist, wobei die Reibscheibe aus wenigstens einem Bremsring und wenigstens einem Verbindungselement zusammengesetzt ist, und wobei die Reibscheibe einen Verbundkörper ausbildet, der (bei seiner Herstellung) einem materialverbindenden, keramisierenden Prozeß unterzogen wurde. Der Schutz des Anspruches 1 ist dabei nicht auf das Verfahren, sondern ausschließlich auf die Bremsscheibe gerichtet.

Im Falle einer Wellenbremsscheibe ist die Reibscheibe aus wenigstens zwei Bremsringen und wenigstens einem Verbindungselement zusammengesetzt. Im Falle von Radbremsscheiben werden jeweils ein Reibring und Zapfen zusammengesteckt und dann zum Endprodukt verarbeitet.

Es ist dabei folgendes Vorgehen vorteilhaft: a) es werden CFK-Vorkörper - Bremsring, Verbindungselemente - ausgebildet, b) über eine Pyrolyse wird ein C/C-Körper gebildet, c) der wenigstens eine Bremsring und wenigstens eines der Verbindungselemente werden als C/C-Körper zu einer Reibscheibe zusammengesteckt, und d) die zusammengesetzte Reibscheibe wird einem - insbesondere keramisierenden - materialverbindenden Verfahren unterzogen, so daß ein gußähnlicher CMC-Verbundkörper entsteht. Vorteilhaft umfaßt das materialverbindende Verfahren eine Flüssigphaseninfiltration, z.B. ein Flüssigsilizierverfahren, oder es findet eine Pyrolyse von Si-Polymeren statt.

Gegenüber dem Stand der Technik zeichnet sich die Erfindung u.a. durch den Gedanken aus, die Reibscheibe nicht zu gießen, sondern Einzelbestandteile (Bremsringe und Verbindungselemente) als Faser-Vorkörper auszubilden und zur Reibscheibe zusammenzustecken. Die derart zusammengesetzte "Vorkörper-Reibscheibe" wird dann z.B. einem Flüssigsilizierungsvorgang unterzogen, wodurch ein gußähnlicher Verbundkörper aus CMC-Material entsteht. Dieser Verbundkörper ist leicht, dennoch stabil und sehr verschleißresistent.

CMC-Materialien sind zwar an sich bekannt, sie sind jedoch im allgemeinen sehr teuer, so daß die Verwendung dieses Materials zur Fertigung von Brems scheiben im Grunde nicht in Frage kommt. Da das sogenannte LSI-Verfahren die Herstellung von CMC-Körpern zudem deutlich verbilligt, wird ein Einsatz als Brems scheibenmaterial denkbar. Die DE PS 44 38 455 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Reibeinheiten, bei dem ein poröser Kohlenstoffkörper mit flüssigem Silizium infiltriert wird, wobei in einen Vorkörper Ausnehmungen eingebracht werden, um derart ein brems scheibenähnliches Gebilde zu erzeugen.

Dabei wird die Reibscheibe nicht erst nach "Vollendung" des Werkstoff-Herstellvorganges geometrisch ausgebildet, sondern es wird ein Vorkörper in Brems scheibengeometrie zusammengesteckt und dann dem weiteren Herstellungsverfahren unterzogen.

Die Eigenschaften flüssig silizierten C/C-Materials werden in dem Artikel „Description of the Mechanical and Thermal Behaviour of Liquid Siliconized C/C“ beschrieben (P. Schanz, W. Krenkel, 6th European Conference on Composite Materials, ECCM, Bordeaux, 20. -24. September 1993). Ferner findet sich das LSI-Herstellverfahren von CMC-Materialien beispielsweise in dem Artikel "Liquid Silicon Infiltration - A Fast and Low Cost CMC-Manufacturing process" ICCM, Honolulu (1991) von R. Kochendörfer.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist ferner darin zu sehen, daß sie zur Bildung verschiedenster Brems scheibenarten geeignet ist. Neben den Wellen- und Radbrems scheiben für Schienenfahrzeuge sind z. B. Nutzfahrzeugbrems scheiben

zu nennen, die ebenfalls zwei Reibringe aufweisen, welche über Verbindungsstege zu einer Reibscheibe miteinander verbunden sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Weitere Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezug auf die beigelegte Zeichnung deutlich. Es zeigen:

Fig. 1 - 5 Schnittansichten verschiedener Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Wellenbremsscheiben senkrecht zur Bremsringebene;

Fig. 6 eine schematische Draufsicht auf einen Teil einer erfindungsgemäßen Bremsscheibe.

Zunächst sei das Ausführungsbeispiel der Fig. 1 beschrieben. Fig. 1 zeigt beispielhaft eine innenbelüftete Wellenbremsscheibe 1, die eine Reibscheibe 100 aufweist, welche aus zwei Reibringen 3, 4 und einer Vielzahl an Rundstegen 2 zusammengesteckt ist. Die Stege 2 sind beidseitig in Bohrungen 5 der Reibringe 3, 4 eingesetzt und bilden so mit den Reibringen 3, 4 zusammen die nach dem Stand der Technik sonst einstückig gegossene Reibscheibe 100. Da eine "zusammengesteckte" Reibscheibe naturgemäß kaum den bei einer Bremsung auftretenden großen Kräften gewachsen wäre, werden nicht CMC-Endprodukte zusammengesetzt sondern es wird ein aus Fasergerüstteilen oder bereits aus weiterverarbeiteten Vorkörpern (C/C-Körper oder CFK-Körper) zusammengesteckter Reibscheibenvorkörper als Ganzes einem LSI-Vorgang unterzogen, der dazu führt, daß ein "quasi" einstückiger, stabiler CMC-Verbundkörper gebildet wird. Eine Radbremsscheibe ergibt sich einfach als „halbe“ Wellenbremsscheibe, denn bei Wellenbremsscheiben wird beidseits eines Rades jeweils ein Bremsring mit Zapfen befestigt (nicht dargestellt).

Die nach Art der Fig. 1 zusammengefügte Reibscheibe 100 ist über einen radialen Innenansatz 6 des Reibringes 4 mit einer Nabe 7 einer (ebenfalls nicht dargestell-

ten) Welle verschraubt. Eine Sechskantschraube 8 mit Sicherungsmutter 9 und Spannring 10 sorgen für eine sichere Verbindung zwischen Reibscheibe und Nabe 7 (Plansitzscheibe). Ggf. ist eine zusätzliche kraftschlüssige Verbindung (Bolzen) vorgesehen. Alternativ sind auch unbelüftete Bremsscheiben realisierbar.

Bei der Anwendung des LSI-Verfahrens zur Herstellung einer CMC-Scheibe wird flüssiges Silizium in C/C- (Kohlenstoff/Kohlenstoff) Material infiltriert. Dabei entstehen sogenannte C/C-SiC-Verbindungen, die sich durch eine hohe thermische und mechanische Stabilität auszeichnen. Ein flüssiger Precursor wird zunächst einem Fasergerüst in gewünschter Form (z.B. Steg oder Reibring) beigegeben, so daß ein CFK-Vorkörper entsteht (HT-Polymer, der bei einem Harzinjektions- oder Autoklavverfahren gebildet wird;  $P = 5 - 20 \text{ bar}$ ;  $t = 200^\circ\text{C}$ ). Aus den CFK-Körpern kann dann eine Reibscheibe zusammengesteckt werden. Durch eine Pyrolyse der Polymermatrix wird daraufhin ein poröses C/C-Material ausgebildet ( $t = 900^\circ\text{C}$ , drucklos, Stickstoff; Anm.: Vorzugsweise wird die Scheibe erst nach Bildung der C/C-Körper zusammengesteckt. Eine Si-Infiltration mit chemischer Reaktion ( $t = 1550^\circ\text{C}$  im Vakuum) führt dann zu einem CMC-Verbundwerkstoff (CERAMIC MATRIX COMPOSIT) bzw. zu einer endbearbeiteten Scheibe. Es ist auch denkbar, daß der Verbundwerkstoff ggf. eine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Matrix, eine SiC-Matrix, eine C-Matrix oder eine  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Matrix aufweist. Ferner sind kohlenstoffhaltige Fasern, C-Fasern, SiC-Fasern oder Cellulosefasern verwendbar.

Fig. 2 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 dadurch, daß die Bohrungen 5 die Reibringe 3, 4 durchgreifen, wobei die Stege 2 bis zur Reibseite der Reibringe 3, 4 reichen: auf diese Weise ist eine leichte Montierbarkeit des Grund-Fasergerüsts der Reibscheibe gewährleistet und es wird eine besonders sichere Verbindung zwischen Stegen 2 und den Reibscheiben 3, 4 sichergestellt.

Nach Fig. 3 verjüngen sich die Stege 2 und die Bohrungen 5' im Bereich des Reibringes 3. Damit ist bei der Vormontage eine Art Klemmwirkung zwischen Stegen 2 und Reibring 3 erzielbar, welche das Zusammensetzen des Vorkörpers erleichtert.

17.08.97  
6

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind als Verbindungselement radiale Rippen 2' vorgesehen, die in entsprechend geformte Ausnehmungen 5" der Reibringe eingesetzt sind.

Das Ausführungsbeispiel der Fig 5 unterscheidet sich von dem der Fig. 1 dadurch, daß die Anbindung der Scheibe an die Nabe 7 über einen zusätzlichen, zwischen die Reibringe 3 und 4 eingesetzten und radial nach innen bis zur Radnabe 7 reichenden Befestigungsring 11 gebildet wird. Dieser weist hier zusätzlich eine Bohrung 12 auf, die von einem von einem der Stege 2 durchsetzt ist. Der Ring 11 kann ebenfalls aus CMC bestehen und beim Keramisieren mit den Reibringen 3, 4 und den Stegen 2 verbunden werden.

Fig. 6 zeigt eine schematische Ansicht der Bremsscheibe 1, wobei insbesondere die Ausbildung und Verteilung der Rundstege 2 (jeweils im Winkel von 60° zueinander) über die Fläche der Scheibe 1 deutlich wird.

**Bezugszeichenliste**

Wellenbremsscheibe	1
Stege	2
Rippen	2'
Reibringe	3, 4
Bohrungen	5
Innenansatz	6
Nabe	7
Sechskantschraube	8
Sicherungsmutter	9
Spannring	10
Befestigungsring	11
Bohrung	12
Reibscheibe	100



### Ansprüche

1. Bremsscheibe, insbesondere Wellen- oder Radbremsscheibe (1) für Schienenfahrzeuge, mit einer Reibscheibe (100), die an einer Nabe (7) einer Radwelle oder an einem Rad befestigbar ist, wobei
  - die Reibscheibe (100) aus wenigstens einem Bremsring (3, 4) und wenigstens einem Verbindungselement (2) zusammengesetzt ist, und wobei
  - die Reibscheibe (100) einen Verbundkörper ausbildet, der bei seiner Herstellung einem materialverbindenden, insbesondere keramisierenden, Prozeß unterzogen wird.
2. Bremsscheibe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein CMC-Material verwendet wird (CERAMIC MATRIX COMPOSIT) und daß der Prozeß ein Flüssigsilizierprozeß (LSI) oder eine Pyrolyse von Si-Polymeren ist.
3. Wellenbremsscheibe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reibscheibe (100) innenbelüftet ausgebildet ist.
4. Wellenbremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reibscheibe (100) unbelüftet ausgebildet ist.
5. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verbundwerkstoff eine keramische Matrix aufweist.
6. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verbundwerkstoff eine AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Matrix, eine SiC-Matrix, eine C-Matrix oder eine Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Matrix aufweist.
7. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verbundwerkstoff kohlenstoffhaltige Fasern aufweist.

8. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verbundwerkstoff C-Fasern, SiC-Fasern oder Cellulosefasern aufweist. ✓
9. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Ausbildung als Plansitzscheibe mit reib- und/oder formschlüssiger Verbindung.
10. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindungselemente als Stege (2) ausgebildet sind, welche in durch die Bremsringe (3, 4) hindurchgehende oder blinde Bohrungen (5) eingesetzt sind.
11. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Stege (2) wenigstens an einem ihrer Ende verjüngen, wobei die Bohrungen (5) eine an die Stege (2) angepaßte Geometrie aufweisen.
12. Bremsscheibe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verbindungselement als Rippen (2') ausgebildet ist, der in entsprechend geformte Ausnehmungen (5") der Reibringe (3, 4) eingesetzt ist.

17.06.97

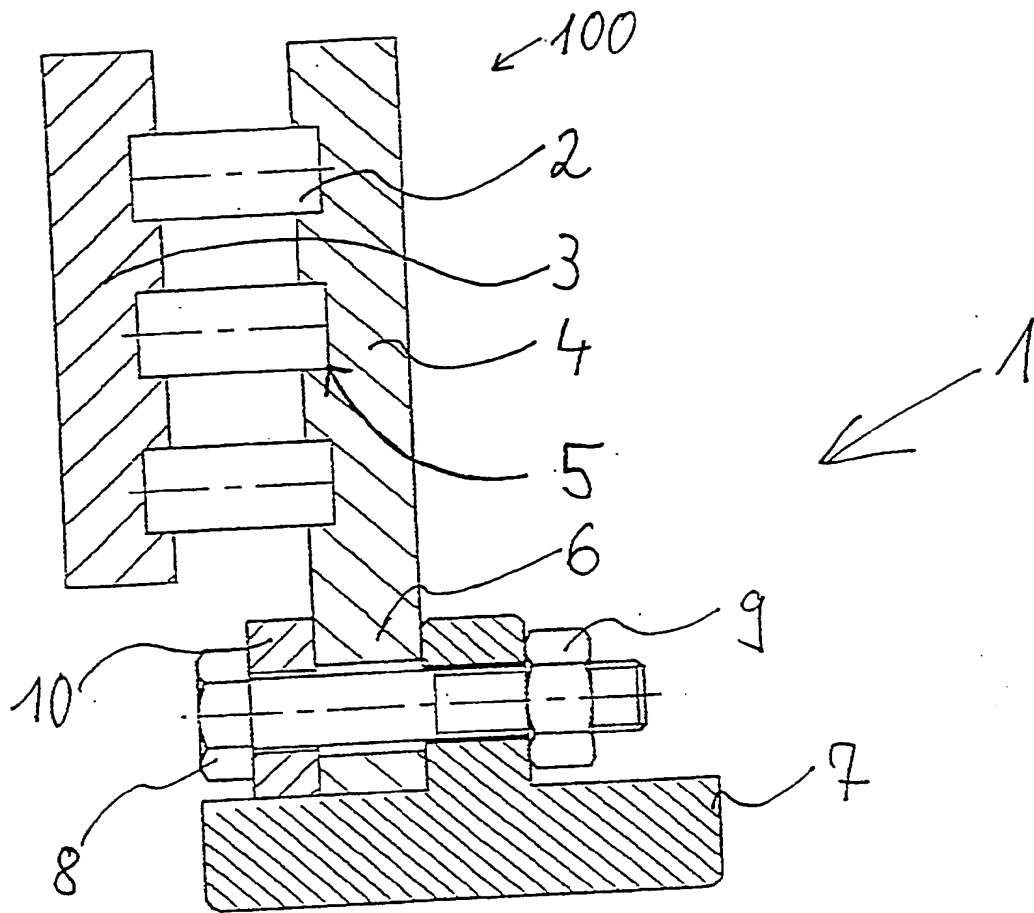


Fig. 1

17.08.97

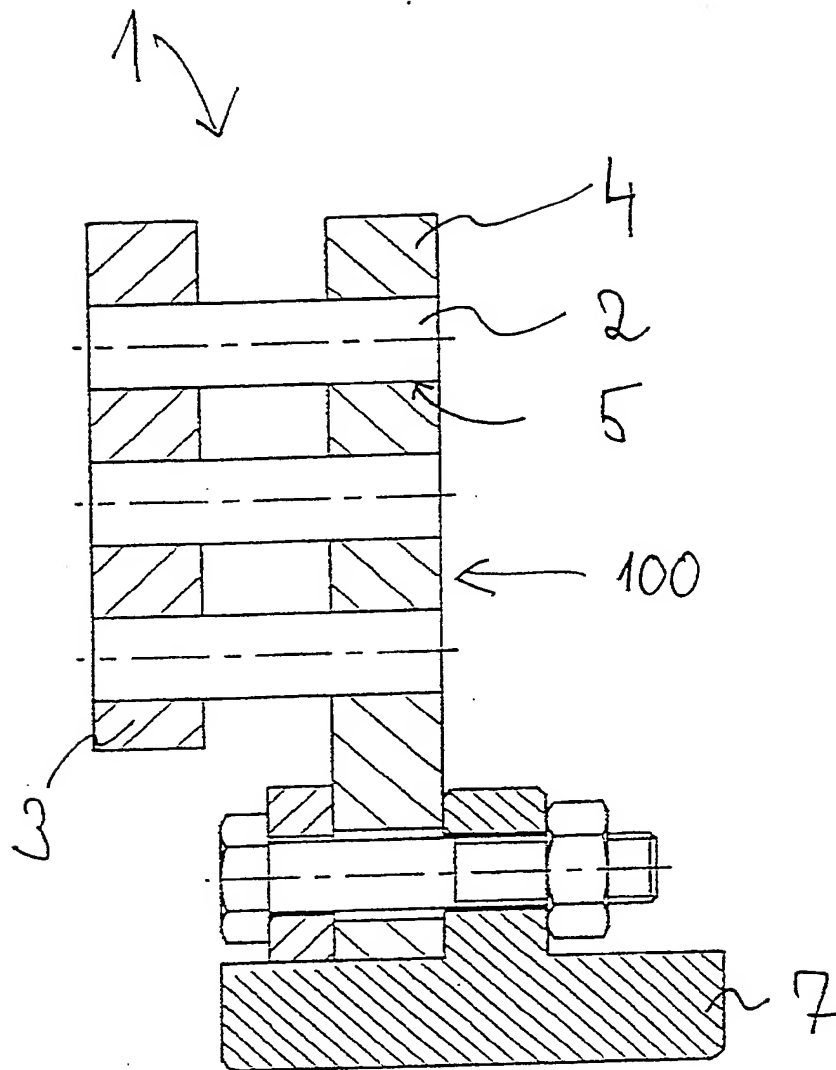


Fig. 2

17-08-97

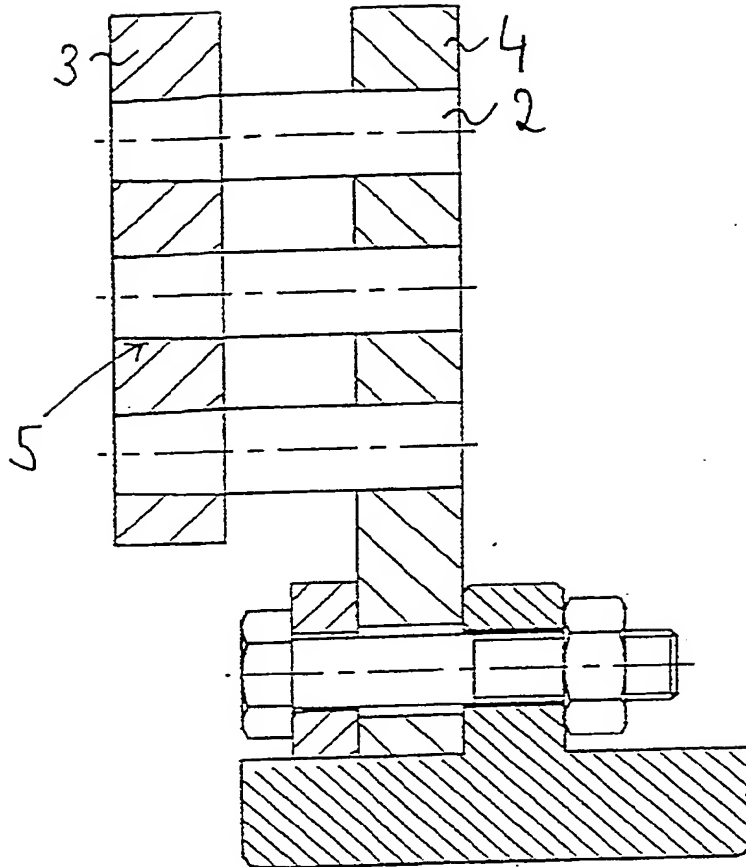


Fig. 3

17.08.97

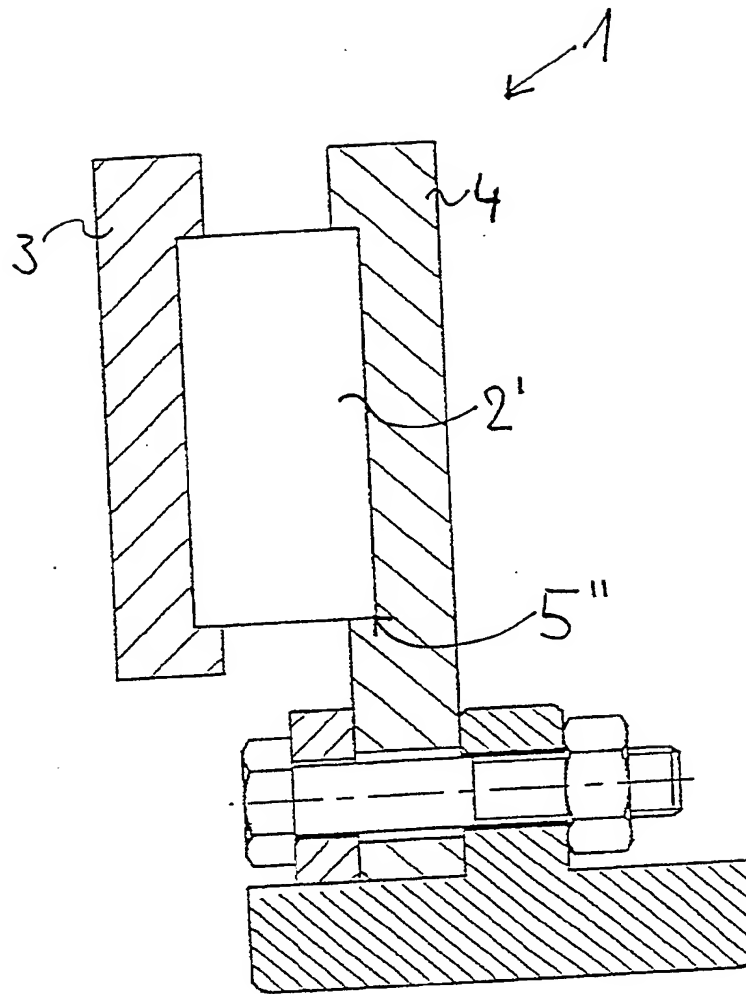


Fig. 4

17.08.97

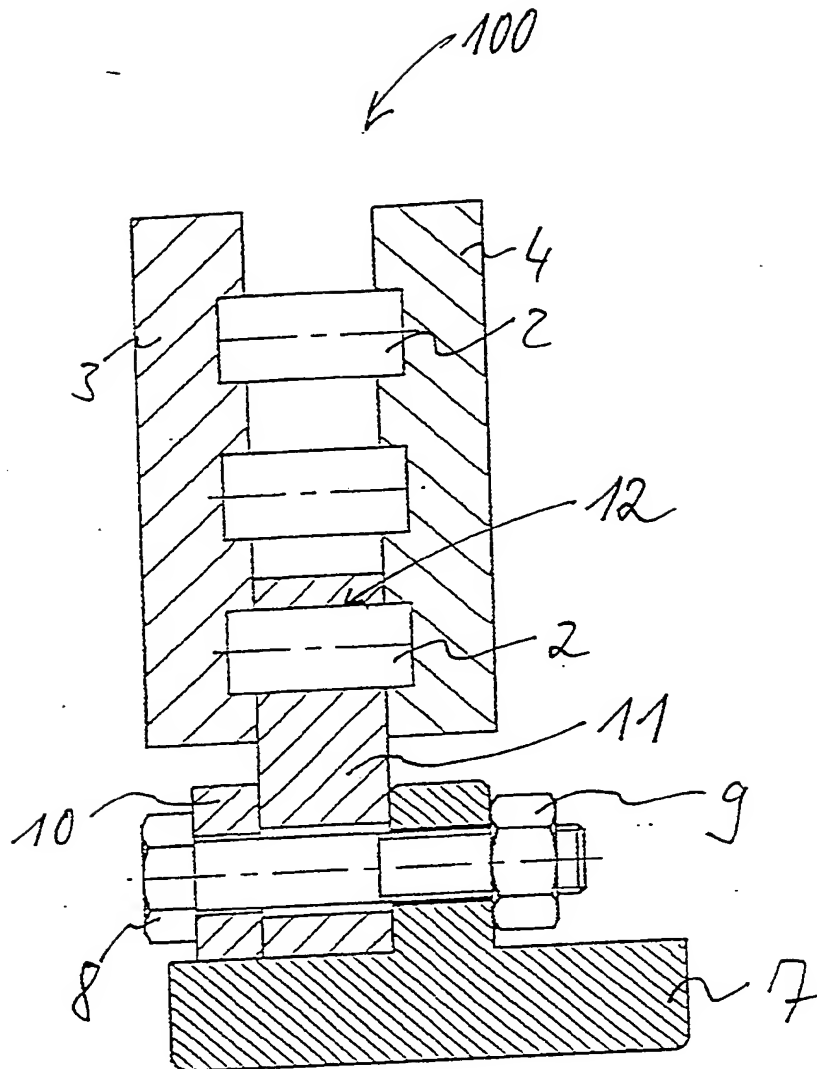


Fig. 5

17.08.97

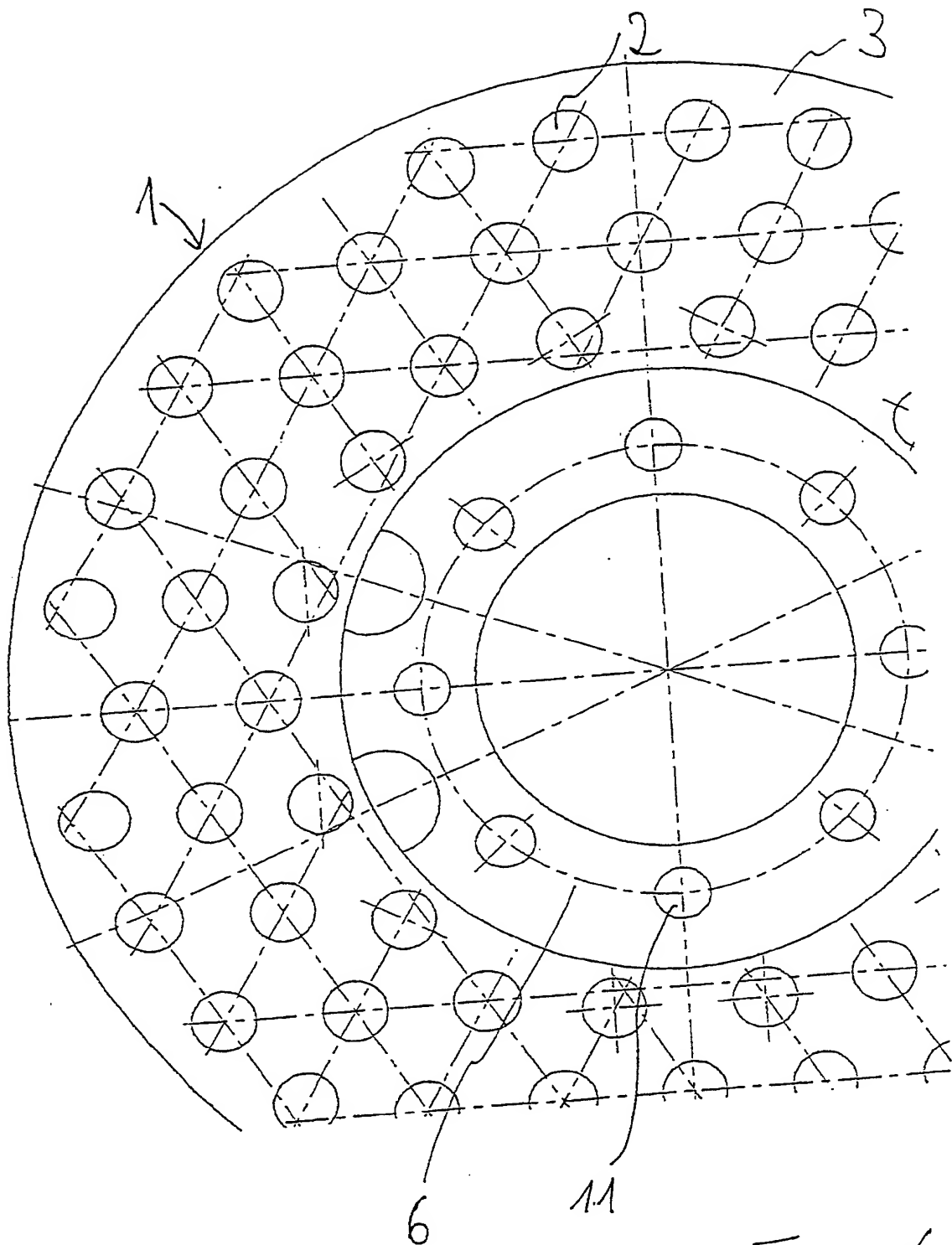


Fig. 6